DIE NATURWISSENSCHAFTEN

17. Jahrgang 5. April 1929 Heft 14

Untersuchungen an getreidesammelnden Ameisen.

(Körnerverwertung, Benachrichtigung und Arbeitsteilung im Messor-Nest[1].)

Von W. GOETSCH, München.

Bei den komplizierteren Futterinstinkten der Ameisen, wie z. B. der Viehhaltung der Formiciden oder der Pilzzucht der Atta-Arten, liegt die Gefahr sehr nahe, das, was wirklich beobachtbar ist, zu anthropomorphisieren. Dieser Gefahr sind auch die körnersammelnden Ameisen (hauptsächlich Angehörige der Gattung Messor) nicht entgangen. Man kann in den Mittelmeerländern, in denen mehrere Arten beheimatet sind, bei einiger Aufmerksamkeit überall die Tätigkeit dieser Tiere beobachten, da sie auf langen Straßen oft von weit her allerlei Samen in ihre unterirdischen Nester eintragen. Die Nesteingänge sind kleine Öffnungen, die zunächst in einige oberflächliche Kammern, dann aber sofort in große Tiefen führen; um sie herum finden sich bei feuchter Witterung kraterartige Erdumwallungen, die aber verweht werden, sobald Trockenheit eintritt. Zu solchen Zeiten sind die Nester nur durch große Haufen von Körnerspelzen, Samenschalen u. dgl. kenntlich, die vielleicht oberflächlich an die Bauten unserer Waldameisen (Formiciden) erinnern, aber nichts anderes sind, als Abfallhaufen. Dort findet man aber ferner auch häufig unversehrte Samen aufgestapelt (besonders bei feuchtem Wetter) sowie in selteneren Fällen eigenartig krümelige Massen. Diese Funde führten nun dazu, bei der Körnerverwertung hochkomplizierte Instinkte anzunehmen. Die Mehrzahl der Autoren war der Ansicht, daß die Ameisen ihr Getreide künstlich keimen ließen und dann die gekeimten Samen trockneten. Sie würden also ein förmliches Mälzungsverfahren durchführen, um die Umwandlung der Stärke in den von allen Ameisen so geliebten Zucker zu bewerkstelligen. Der Botaniker NEGER, der die krümeligen Massen genauer untersuchte, kam dagegen zu der Ansicht, daß die Körner erst zu einer breiartigen Substanz zerkaut würden, auf denen dann ein Pilz die Fermentierung und Zuckerbereitung besorgte. Andere Forscher nehmen weniger verwickelte Behandlungsweisen an (EMERY, EIDMANN); aber auch sie stützen sich auf Vermutungen, da noch niemand die unmittelbare Verwendung der Körner gesehen hatte.

Diese Frage einer Klärung näherzubringen, war sofort mein Bestreben, als ich in Dalmatien mit Messor structor bekannt geworden war. Ich konnte dieselbe Art dann noch in Italien und Spanien beobachten und brachte mir außerdem Messor minor aus Ischia und Messor instabilis var. bouvieri aus Mallorca mit. Alle Arten hielten sich sehr gut in den üblichen Erd- oder Gipsnestern und waren dort bald so gut eingewöhnt, daß sie nach Ausflügen ins Freie wieder zurückkehrten und sogar Körner eintrugen.

So wurde ich nach und nach mit dem gesamten Lebenszyklus der Messorarten recht genau bekannt und möchte hier einige bemerkenswerte Beobachtungen wiedergeben.

Als Leitfaden mag die Körnerverwertung im weitesten Sinne dienen.

Begibt sich ein Messorarbeiter auf Nahrungssuche in unbekanntes Terrain, so benimmt er sich in ganz typischer Weise.

Er macht zunächst nur einen kleinen orientierenden Umgang in der Nähe des Nestes, in das er dann wieder zurückkehrt. Der zweite Ausmarsch nimmt schon größere Dimensionen an, und der dritte und vierte führt bereits in weitere Umgebung. Immer wird zwischen den Ausmärschen wieder zum Nest zurückgekehrt. Ist die nähere Umgebung des Nests bekannt geworden, so unternimmt das Tier oft sofort einen neuen Ausflug ins Unerforschte, sobald es nur erst wieder in ein Gebiet kam, das es schon kennengelernt hat. Bei solchen Orientierungsausflügen trifft die Ameise früher oder später einmal auf geeignetes Futter — etwa einen Körnerhaufen oder eine Grasrispe, und beginnt nun, diese Körner ins Nest zu tragen. Zunächst ist der Rückmarsch noch vielfach gewunden; manchmal legt das Tier auch das Futter nieder und sucht sich von neuem in der Umgebung zurechtzufinden, bis es schließlich in bekanntes Gebiet gelangt, von dem aus die Rückkehr ins Nest nicht mehr schwierig ist. Nach Deponierung der Nahrung im Nest läuft das Tier meist sofort wieder aus, und man kann seinem aufgeregten Benehmen deutlich anmerken, daß es die Futterquelle wieder sucht. Es kommt auf einigen Umwegen schließlich wieder dorthin, ergreift ein neues Korn und trägt es heim. Dieser zweite Rückmarsch führt nun schon auf direkterem Weg ins Nest, und schließlich verkürzen sich die Wege zum Futter und zurück so sehr, daß eine unmittelbare Verbindung hergestellt wird.

Der Arbeitseifer, in den die Sammlerin immer mehr gerät, läßt sie schließlich gar nicht mehr abwarten, das Korn wirklich ins Nest einzuschleppen. Die Körner werden später nur am Nesteingang oder auf dem Wege selbst an geeignet erscheinenden Stellen niedergelegt.

Die so entstehenden Körnerdepots machen es dann den Gefährten bedeutend leichter, zur Futterquelle zu finden. Eine zweite oder dritte Ameise, die zur Orientierung Vorstöße in unbekanntes Gelände unternimmt, trifft schon sehr bald auf

[1] Vorgetragen im „Biologischen Abend“, München, November 1928.

ein derartiges Depot und trägt die Körner ein. Ist das letzte Korn abtransportiert, so wird von der nun schon bekannten Stelle aus weiter vorgestoßen, ein neues Depot gefunden, abtransportiert und so fort. So ist es verständlich, daß bei der Riesenzahl der Nestbewohner bald eine vielbegangene Straße entsteht, die auch weit entfernte Futterstellen in annähernd gerader Linie mit dem Nest verbindet.

Wir müssen annehmen, daß bei einer derartigen Ausdehnung der Märsche die Ameise nicht etwa jede Einzelheit des Wegs im Gedächtnis behalten kann. Es ließ sich denn auch bei meinen Beobachtungen mit gezeichneten Tieren feststellen, daß bestimmte Punkte richtend wirkten. So lief z. B. ein Tier bei seinem Aus- und Rückmarsche stets auf einen Grasbüschel zu, bei dem es dann die Richtung wechselte. Im Versuchsnest ließ sich dies Ansteuern von besonderen Punkten noch schöner demonstrieren: Brachte ich zwischen Nesteingang und Körnerhaufen ein Hindernis an, dann wurde es von den einzelnen Tieren stets in gleicher Weise umgangen. Das heißt, bei einem bestimmten Versuch wich z. B. die Ameise Nr. 8 innerhalb einer Stunde dem Hindernis auf allen 23 Wegen nach rechts aus, eine andere (Nr. 27) 15mal nach links; jede so, wie sie es von Anfang an getan hatte.

In einem anderen Versuch hielt sich ein Tier stets innerhalb der Schattengrenze des Versuchsnests, bis es an einen bestimmten Punkt gekommen war, bog dann im Winkel ab und ging auf die Körner zu.

Das letzte Beispiel weist auf einen weiteren Punkt hin, der zur Orientierung dient: auf den Lichteinfall, der in hohem Maße richtend wirkt (BRUN). Auf ebenen, flachen Strecken, die keine sonstigen Anhaltspunkte bieten, richten sich wohl alle Ameisen ausschließlich nach dem Sonnenstand. Im Versuchsnest ließ sich dies in verschiedener Weise sehr schön demonstrieren. Drehen wir ein Futterglas, in das die Ameise vom Nest aus eingelaufen ist, vollständig herum, so sucht das Tier den Ausgang an einer Stelle, die dem früheren Lichteinfall entsprach. Nehmen wir Ameisen beim Rückweg zum Nest aus der gewohnten Straße heraus und setzen sie in einiger Entfernung davon wieder auf den Boden, so schlagen sie eine Richtung ein, die der früheren Straße parallel läuft. Auch in freier Natur werden die Tiere desorientiert, wenn sich die Lichtquelle, nach der sie sich richteten, verdunkelt; so brachte z. B. ein großes Auto, das quer über einer viel begangenen Ameisenstraße Mallorcas haltmachte, die Tiere in vollständige Verwirrung.

Normalerweise ist die Aufgabe, die eine Ameise zu erfüllen hat, lange nicht so schwierig wie in den vorliegenden Fällen. Das Tier wird, wenn es sich auf Nahrungssuche begibt, die Umgebung des Nestes schon kennen. In solchen Fällen lassen sich die orientierenden Gänge, die kreuz und quer durch das Gelände führen, zunächst ebenfalls erkennen. Ist die Nahrung dann aber gefunden, so wird sofort kehrtgemacht und nun auf annähernd geradem Wege zum Nest zurückmarschiert. Dabei werden oft sehr erhebliche Hindernisse überwunden; in Ischia lief beispielsweise ein Structorarbeiter, dem ich eine Brotkrume reichte, in gerader Linie auf eine 1,70 m hohe Mauer zu, die überklettert werden mußte, um zum Nest zu gelangen. Diese Leistung ist noch höher zu veranschlagen als der Weg auf etwa 25 m langen Straßen, die ich in Mallorca beobachten konnte. Und zwar deswegen, weil auf dem Marsch über die Mauer das Tier ganz auf sich allein angewiesen war. Auf den langen Straßen dagegen konnte sich ein Tier immer am anderen orientieren und brauchte nur im Strom mitzulaufen.

Dies führt dazu, die Zusammenarbeit der Einzelindividuen etwas näher zu betrachten.

Ein Zusammenarbeiten lernten wir schon bei der Anlage der Körnerdepots kennen, die den später auslaufenden Tieren das Auffinden der Futterstelle erleichtern. Dazu kommt dann in zweiter Linie noch die Ausübung bestimmter Alarmzeichen, welche die Tiere zu gemeinsamer Tätigkeit zusammenbringen.

Das Studium solcher Alarmzeichen hat bei den Bienen bekanntlich dazu geführt, eine Art „Wörterbuch" der Bienensprache aufzustellen; die Beobachtungen an den körnersammelnden Messorarten zeigten, daß auch dort ein ähnliches Signalwesen ausgebildet ist.

Konnte z. B. ein Tier Futter auskundschaften, so gerät es in Erregung. Diese Erregung wirkt auf unbeschäftigte Tiere sofort ansteckend, zumal da die Sammlerin oft noch das ihrige dazu tut, diese Erregung auszulösen. Sie stößt nämlich mit dem Korn, das sie einträgt, jede entgegenkommende Genossin heftig in die Seite und führt dabei eigenartige „Steppschritte" aus; dabei wird oft der Hinterkörper in ganz besonderer Weise hin und her geschleudert.

Der Effekt eines solchen Tuns ist ganz überraschend; wenn das so angerannte Tier nicht bereits eine Tätigkeit hat, die es ganz ausfüllt, so beginnt es sofort seinerseits zu „steppen" und überträgt so die Nervosität immer weiter. Alle derartig alarmierten Individuen kommen dann aus dem Nest heraus und beginnen zu suchen. Sie folgen dabei aber nicht etwa der alarmierenden Ameise oder ihrer Spur, sondern werden nur angeregt, von sich aus Orientierungsmärsche zu unternehmen. Auch auf oft begangenen Straßen muß jedes Tier erst selbst seine Erkundungswege ausführen, sofern es nicht auf eine bereits eintragende Arbeitsschar trifft, der es sich dann anschließt.

Trotzdem viele Tiere in falscher Richtung laufen und nicht zum Futter finden, ist auch in kleinen Versuchsnestern kurze Zeit nach der Alarmierung eine große Zahl von Sammlern am Werke; und wenn die Alarmierung in einem Neste erfolgt, dessen Umgebung durch frühere Orientierungsausflüge bereits bekannt ist, geht der Körnertransport sofort auf direktestem Wege vor sich.

Neben diesem Alarmsignal, das eine rasche Ausnutzung eines Futterfundes vermittelt, gibt es noch ein zweites, welches „Gefahr" bedeutet. Hierbei läuft das Tier mit weit geöffneten Mandibeln äußerst aufgeregt in Spirallinien herum (Fig. 1), und von seinem Tun werden alle Tiere angesteckt, mit denen es zusammenkommt. Auch die Exemplare, die eine andere Tätigkeit ausüben, werden sofort von der Aufgeregtheit ergriffen. *Was* die Alarmierten dann beginnen, ist aber von neuen Reizen abhängig. Stoßen sie auf den Feind, so greifen sie ebenfalls an. Geraten sie in entgegengesetzte Richtung, so können sie vielleicht ihre Brut und das Getreide retten, d. h. herumschleppen und an anderer Stelle deponieren. Wird der Alarm nicht längere Zeit und von vielen Tieren ausgeübt, so klingt die Erregung rasch wieder ab, und jedes Tier nimmt seine frühere Beschäftigung wieder auf.

Alle Beobachtungen, die wir bisher über die Benachrichtigung im Ameisenstaat ausführen konnten, weisen darauf hin, daß nur Aufregungszustände übertragen werden. Es erfolgt also niemals eine Benachrichtigung über bestimmte Vorgänge. Was in dem ausgelösten Aufregungszustand dann wirklich geschieht, ist von neuen Reizen abhängig. Niemals weiß die Einzelameise, um was es sich handelt, wenn sie unter Alarm eine Tätigkeit beginnt; sie ist lediglich von der Erregung angesteckt und reagiert dann auf neue Reize besonders gut und besonders heftig.

Die hier wiedergegebene Methode der Alarmierung genügt indessen, um das, was im Messor-Staat zu leisten ist, zweckmäßig auszuführen. Bei Gefahr wird die Rettung der im Bau vorhandenen Schätze (Brut und Körner), bei Auffindung von Nahrung die Ausbeutung der Futterquelle in die Wege geleitet. Ökonomisch ist allerdings die Art der Alarmierung nicht, da es dem Zufall überlassen bleibt, ob das gerade Notwendige geschieht. Da die Zahl der Nestinsassen aber sehr groß ist, schadet eine solche Verschwendung nicht; denn die Wahrscheinlichkeit, daß doch das Richtige ausgeführt wird, ist infolgedessen sehr groß. Außerdem hat diese Art der Alarmierung auch den Vorteil, daß die erregten Tiere in bis dahin vielleicht unbekannten Gegenden durch Zufall Futter finden.

Hier müssen einige Betrachtungen darüber eingeschaltet werden, ob jedes Individuum für jede Arbeit verwendbar ist. Die Messor-Arten haben einen sog. unvollständigen (inkompletten) Polymorphismus; d. h. ihre Arbeiter sind verschieden groß und verschieden gestaltet, doch so, daß wir alle Übergänge zwischen den beiden Extremen finden und eine kontinuierliche Reihe bilden können (vgl. Fig. 2). Wie verschieden die Endglieder der Reihe sind, mag daraus hervorgehen, daß ein kleiner Arbeiter von Messor structor die Körperlänge von 4 mm bei einer Kopfbreite von 1 mm hat; die größten dagegen 8 mm lang werden und Dickköpfe von 3 mm besitzen. Vergleicht man Körperlänge und Kopfbreite, so zeigt es sich, daß die großen Tiere relativ breitere Köpfe besitzen; bei den kleinen ist das Verhältnis 8 : 2, bei den größten 8 : 3. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß man solche Dickköpfe dem sog. *Soldaten* gleich zu setzen hat, die bekanntlich bei einer Anzahl

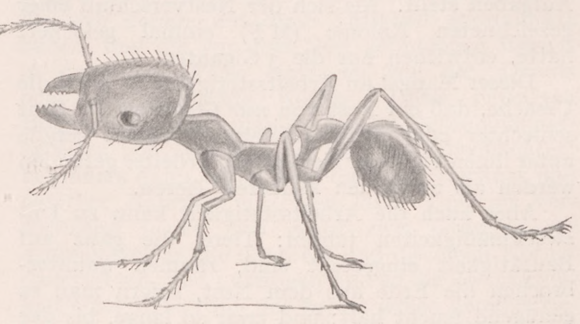


Fig. 1. Gigant von Messor structor in Angriffs- und Alarmstellung.

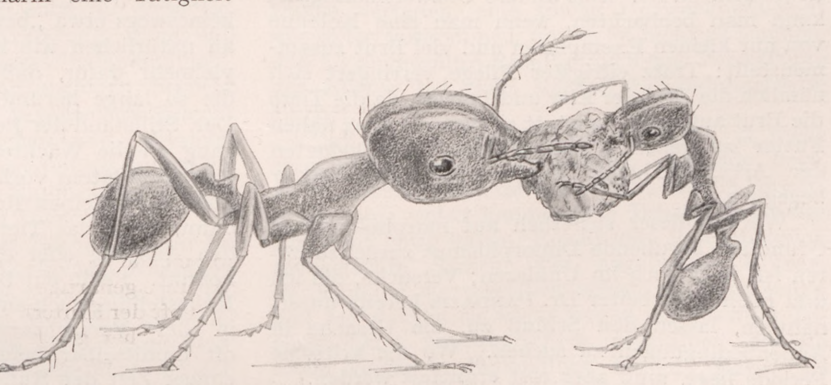


Fig. 2. Kleiner Arbeiter und Gigant von Messor structor beim Zerhauen von Sameninhalt (Bereitung von Ameisenbrot).

von Ameisenarten vorkommen. Ich möchte indessen diesen Namen vermeiden und den indifferenteren „Giganten" dafür vorschlagen, da einesteils der Name Soldat bereits für echten, übergangslosen Polymorphismus vergeben ist, andererseits mit Ausdrücken wie „Soldat" sich leicht die Vorstellung einer bestimmten Funktion verbindet. Solch eine bestimmte Funktion läßt sich nun bei den Giganten nicht nachweisen; wir treffen sie bei allen Arbeiten, welche im Messor-Staat vorkommen. Trotzdem sind aber auch die Angaben früherer Beobachter nicht unrichtig, daß man die Großköpfe hauptsächlich im Außendienst beobachtet. Es liegt dies daran, daß die Giganten weniger arbeitsstet sind und ihre Tätigkeit leichter wechseln als die anderen Arbeiter. Zählt man in einem Nest, dessen Insassen gezeichnet sind, die Gänge der

könersammelnden oder bauenden Tiere, so ergibt sich ein großer Arbeitsüberschuß für die mittleren Exemplare. In einem Versuch (Nest MM) trugen z. B. die beiden Arbeiter 27 und 59 in 20 Stunden bei zehntägiger Beobachtung insgesamt 547mal Körner ein, zwei Giganten (Nr. 7 und 36) während der gleichen Zeit nur 34mal. Den Arbeitswechsel zeigen z. B. die Ergebnisse eines anderen Versuchs (M M S): 7 Giganten wechselten in 10 Tagen insgesamt 19mal die Tätigkeit, 7 kleine Tiere nur 3mal. Man kann daher sicher sein, daß zuerst Giganten erscheinen, wenn man das Nest vor neue Aufgaben stellt. Als sich der Nestverschluß einer gezeichneten Kolonie (M F) einmal gelockert hatte, entwichen nur die 3 Giganten.

Dieser Mangel an Arbeitsstetigkeit ist auch die Ursache, daß ein Nest von *nur* Giganten die Brut schlechter oder nicht aufzieht, trotzdem gerade unter ihnen viel öfter eierlegende Arbeiter gefunden werden als unter den kleineren Tieren.

Aber auch die Arbeitsstetigkeit kann zu Unzweckmäßigkeiten führen: Tiere, die ganz auf Bautätigkeit eingestellt sind, räumen ununterbrochen die Erde aus dem Nest, sofern man es genügend feucht hält; und zwar so lange, bis der Bau einstürzt und schließlich überhaupt keine Erde mehr da ist. Eine andere Unzweckmäßigkeit kann man beobachten, wenn man eine Kolonne von nur kleinen Exemplaren und viel Brut zusammenstellt: Trotz eifrigster Pflege verringert sich nämlich die Zahl der Eier und Larven, da die Tiere die Brut auffressen, anstatt zu dem oft ganz nahen Futter zu gehen. Weitere Unzweckmäßigkeiten der Arbeitsstetigkeit werden uns noch später begegnen.

Worauf dieser sicherlich auf morphologischer Grundlage beruhende Dimorphismus zurückzuführen ist, liegt noch im Unklaren; Versuche, die ich und mein Mitarbeiter Dr. PANDAZIS bereits unternahmen, lassen den Schluß zu, die Ursache in Außenbedingungen zu suchen. Wo die kritische Periode liegt, muß aber erst ermittelt werden.

Neben dieser auf morphologischer Grundlage beruhenden Arbeitsteilung gibt es dann noch eine zweite, die in dem physiologischen Zustand der Tiere begründet ist. Junge, gerade geschlüpfte Exemplare bleiben nämlich zunächst im Nest, wo sie sofort die Pflege der Brut mit übernehmen. Geraten sie infolge ihrer noch unbeholfenen Bewegungen zufällig an Stellen, wo nur ältere Tiere arbeiten, so werden sie von diesen gepackt und ebenso wie die noch ungeschlüpften Puppen auf den Bruthaufen zusammengetragen. Der Übergang zu einer anderen Tätigkeit kann zu verschiedener Zeit erfolgen. Ist viel Brut zu pflegen, so bleiben die jungen Tiere länger im Innendienst; bei wenig Brut erscheinen sie ziemlich früh auch bei anderen Arbeiten. Es liegt daran, daß eine Ameise es nie lange ohne Tätigkeit aushält und sogar sterben kann, wenn man sie zu völliger Untätigkeit zwingt (GOETSCH). Der Übergang von der Brutpflege zu einer anderen Tätigkeit vollzieht sich meist so, daß das arbeitslose Junge einer Arbeitsgruppe gewissermaßen zuschaut. Es läuft beispielsweise ein Stück mit den Sammlerinnen, wenn diese die Körner von Kammer zu Kammer schleppen; schließlich packt es, gleichsam spielerisch, selbst ein Korn und trägt es weiter. Auf dieselbe Weise ordnen sich auch bereits erwachsene Tiere, die ohne Tätigkeit sind, den Arbeitsscharen ein.

Zwischen Innendienst und Außenarbeit schiebt sich häufig, ähnlich wie bei den Bienen (RÖSCH), eine Tätigkeit als ,,Wächter". Diese kommt dadurch zustande, daß der junge Arbeitslose bis in die Nähe des Ausgangs vorgedrungen ist, dort aber haltmacht. Der Drang nach außen wird durch eine ebenso große Scheu vor dem Unbekannten gehemmt. Ist diese Hemmung dann überwunden, so wird in der schon beschriebenen Weise nach und nach die Außenwelt rekognosziert. Übrigens sind keineswegs immer nur junge Tiere als Wächter tätig. Am Eingang des Nestes sowohl wie zwischen den Kammern und endlich an der Grenze des ,,Staates" finden wir häufig auch alte Exemplare, besonders Giganten, die in einer typischen Wächterstellung, mit eingezogenen Beinen, geöffneten Kiefern und angelegten Fühlern ruhig dasitzen. Daß damit eine Schutzfunktion für die Gesamtheit ausgeübt wird, ist sicher; doch tun es die Tiere keineswegs etwa ,,bewußt". Viele Beobachtungen an natürlichen wie künstlichen Nestern sprechen vielmehr dafür, daß es sich um Tiere handelt, die so lange herumliefen, bis sie müde wurden. Der Stillstand der Bewegung und damit der Übergang in die Wächterstellung erfolgt dann, wenn das schon latent vorhandene Bedürfnis nach Ruhe durch irgendeinen Reiz verstärkt wird; also etwa dann, wenn das Tier an eine dunklere Stelle, an den Ausgang oder die Grenze des Nestbereiches kommt. Fehlt ein besonderer Reiz, so kann die Ruhestellung auch auf freiem Gelände, z. B. mitten in der Versuchsarena, eingenommen werden; oft unmittelbar beim Sammeln, das dann nach einiger Zeit der Ruhe wieder aufgenommen wird. Die Ablösung eines Wächters, die verschiedentlich schon beobachtet wurde (GOETSCH), ist dann so zu erklären, daß ein anderes Tier durch Anstoßen beim Wächter wieder Bewegung auslöst und dann selbst an der betreffenden Stelle zur Ruhe kommt.

Die auf rein morphologischer und physiologischer Grundlage beruhende Arbeitsteilung genügt indessen nicht, um alle Erscheinungen zu erklären. Wenn wir Tiere eines Nestes numerieren und über ihre Tätigkeit Protokoll führen, so zeigt sich, daß manche Individuen immer eine bestimmte Arbeit bevorzugen, ohne daß eine der bereits angeführten Ursachen dafür zu erkennen wäre. Um zu sehen, ob sich solche Spezialarbeiter doch umstimmen lassen, wurden zunächst alle Tiere der Versuchsnester numeriert und 10 Tage lang auf ihre Arbeit kontrolliert. Dann wurden zwei Gruppen isoliert, die extrem auf Sammeltätigkeit und extrem auf Brutpflege eingestellt waren. Erstere erhielten nur Eier und Larven ohne die

Möglichkeit, etwas anderes zu tun, letztere kamen ohne jede Brut in ein neues Nest, wo es Reinigungs- und andere Arbeiten auszuführen galt. Es dauerte stets längere Zeit, bis eine Umstellung auf die neue Arbeit eingetreten war; in einem Fall waren aber bereits nach 6 Tagen verschiedene Tiere mit der neuen Tätigkeit beschäftigt. Sie blieben diesen neuen Arbeiten auch dann treu, als sie wieder in ihr altes Nest zurückversetzt wurden, wo sie die Bedingungen ihrer früheren Tätigkeit wiederfanden. Ähnliche Versuche führte ich auch an frisch gefangenen Ameisen aus (Messor und Camponotus). Auch solche Tiere erwiesen sich als umstimmbar und ließen sich auf bestimmte Arbeit dressieren, wenn man ihnen die Möglichkeit zu anderer Tätigkeit nahm.

Derartige Versuche zeigen, daß eine individuelle Bevorzugung irgendeiner Tätigkeit ebenfalls auf die bereits öfter erwähnte Arbeitsstetigkeit zurückgeführt werden muß. Das Tier ist vielleicht von Anfang an aus irgendeinem Grund gerade auf diese eine Beschäftigung eingestellt, daß eine andere zunächst gar nicht in Betracht kommt: nur wenn es längere Zeit nichts Gewohntes zu tun gibt, wird eine neue Tätigkeit aufgenommen. Arbeitsstetigkeit auf der einen, Arbeitsdrang auf der anderen Seite geben also auch für diese Erscheinung eine genügende Erklärung, ohne daß man etwa eine auf „gegenseitigem Übereinkommen" beruhende Spezialisierung anzunehmen braucht (KUBBOCK). Sie treten als psychisches Moment den erörterten morphologischen und physiologischen Grundlagen der Arbeitsteilung zur Seite und bewirken eine größere Mannigfaltigkeit der Tätigkeit, als wir sie bei den Bienen finden.

Die Weiterverarbeitung der Körner, die wir bei der Deponierung in die oberflächlichen Kammern verließen, läßt sich jedenfalls restlos mit den gemachten Annahmen erklären, ohne daß noch besondere Instinkte postuliert zu werden brauchten. Das Sortieren wird von Tieren ausgeführt, die sich darauf spezialisieren, eine besondere Samenart von dieser Stelle an jene zu schleppen, und ähnlich steht es mit dem Enthülsen, bei dem die Körner vom Unbrauchbaren befreit werden.

Vor der endgültigen Verwendung sollten nun nach Angabe der meisten Beobachter die Samen noch einen Mälzungsprozeß durchmachen; d.h. zunächst, zum Keimen gebracht und dann getrocknet werden. Die tatsächliche Beobachtung zeigt, daß einige Zeit nach Einschleppen der Körner zunächst die Spelzen usw., dann aber auch abgebissene Keimlinge und intakte Samen herausbefördert werden. Bei feuchtem Wetter, bei dem diese Tätigkeit am meisten zu sehen ist, kommen dazu noch Bauschutt, Erdbrocken, Steinchen u. dgl., die sich dann ebenso wie die übrigen hinausbeförderten Dinge in dem Nesteingang anhäufen. Jeder, der durch keine vorgefaßte Meinung beeinflußt ist, kann daraus nur den Schluß ziehen, daß die Tiere auch gute, brauchbare Samen wie Abfall und Bauschutt verwenden, und dieser Schluß trifft auch durchaus das Richtige. Die Arbeiter, die sich auf das Austragen einstellen, werden nach und nach von dieser Tätigkeit so fanatisiert, daß sie keinen Unterschied mehr zwischen Brauchbarem und Unbrauchbarem kennen. Hält man solche Tiere in einem Nest mit Erde, der man Körner beigemischt hat, so wird der Samen nicht anders behandelt wie ein Erdbrocken.

Nun werden aber die guten Körner später wieder ins Innere transportiert. Die Arbeiter, die das tun, sind indessen andere als die Abfallträger oder Bauarbeiter; es sind Sammlerinnen, die sich gerade auf diese Tätigkeit spezialisiert haben und die vor dem Nest gefundenen Körner in derselben Weise eintragen wie die Depots oder neu entdeckte Körner. Unter günstigen Bedingungen kann man ein solches Gegeneinanderarbeiten von zwei Scharen im Freien beobachten, besonders dann, wenn man die Tiere zeichnet und gefärbte Nahrung eintragen läßt. Und im Versuchsnest lassen sich leicht zwei Gruppen zusammenstellen, die dann ein und dieselben Körner dauernd ein- und austragen und so die Zwecklosigkeit einer Arbeit um der Arbeit willen demonstrieren. Im Freien wird durch die große Masse der Nestinsassen, die sich auf viele Kammern und Gänge verteilen, eine solche Unzweckmäßigkeit nur selten vorkommen, und es ist nicht zu leugnen, daß als ungewolltes Resultat auch eine Vermälzung der Körner bei einer solchen Behandlungsweise eintritt.

Daß solchen Arbeiten keine Absicht, ja nicht einmal ein besonderer Instinkt zugrunde liegt, geht wohl auch noch daraus hervor, daß die Messor-Arten eine solch komplizierte Behandlungsweise gar nicht nötig haben. Reicht man ihnen nämlich zerquetschte Samen oder angebohrte Körner, so beginnen sie dieselben sofort zu verarbeiten und bevorzugen sie sogar wegen der leichten Zugänglichkeit ungequetschten gegenüber, die sie schon länger in Behandlung hatten. Haben sie nur intakte Körner zur Verfügung, so beißen sie ein Loch in die Samen und holen den Inhalt heraus.

Die weitere Verarbeitung des Sameninhalts ist dann allerdings komplizierter. Er wird nämlich nicht sofort verzehrt, sondern erst von vielen Tieren gemeinsam oft stundenlang zerkaut („Kaugesellschaft", Fig. 2). Auf diese Weise entsteht die von NEGER schon beobachtete krümelige Masse, das „Ameisenbrot", das dann sofort oder auch nach Deponierung verzehrt wird. Bei dem gemeinsamen Zerkauen, das sich auch bei tierischer Nahrung beobachten läßt, tritt reichlich Speichel aus; dies konnte unmittelbar beobachtet werden. Sowohl das Zerkauen wie das Bespeicheln bewirkt die Umbildung der Stärke in Zucker: Zerquetschte Körner ergaben auch ohne Zutun der Ameisen nach einiger Zeit mit den üblichen chemischen Methoden (FEHLINGsche Lösung) eine Zuckerreaktion, und in reinen Stärkeprodukten (Makkaroni), die kurze Zeit von den Ameisen bearbeitet wurden, ließ sich

durch dieselben Methoden ebenfalls Zucker nachweisen. Endlich konnte auch noch unmittelbar festgestellt werden, daß unsere Ameisen die Fähigkeit besitzen, Stärke in Zucker zu verwandeln. Aus zerquetschten Messor-Köpfen ließ sich durch Auswaschen mit destilliertem Wasser nämlich ein stärkespaltendes Ferment herstellen, das bedeutend kräftiger wirkt als das anderer Ameisen.

Die oft stundenlang dauernde gemeinsame Durchkauung des Sameninhaltes muß demnach durch die Einwirkung der zweierlei Fermente eine ganze Menge Zucker liefern, und das so hergestellte ,,Ameisenbrot" ist somit sicherlich ein gutes Nahrungsmittel für die Erwachsenen sowohl wie für die Brut, die damit aufgefüttert wird. Vermutlich wird die in eine Zuckerart verwandelte Stärke bei der Bearbeitung gleichzeitig verflüssigt und dann im Kropf der kauenden Tiere gespeichert. Die direkte Beobachtung zeigt jedenfalls, daß das Ameisenbrot beim Zerkauen immer weicher wird und bis auf kleine Reste verschwinden kann.

Die Verwertung der Körner bei Messor gibt, wie zum Schluß erwähnt sein mag, Hinweise dafür, wie wir uns die Entstehung der berühmten Pilzzuchten bei Atta-Ameisen vorzustellen haben. Bekanntlich stellen diese Insekten aus zerkauten vegetabilischen Substanzen ein Mistbeet her, in welchem Pilze wuchern, deren Knollen die einzige Nahrung der Tiere darstellen. Diese höchst komplizierten Instinkte konnten bisher eigentlich mit keiner einfacheren Gewohnheit minder hochentwickelter Formen in Zusammenhang gebracht werden.

Wenn wir aber jetzt wissen, daß die Messor-Arten Samen einschleppen und zu einer krümeligen Masse verarbeiten, die sie häufig nicht sofort gebrauchen, sondern oft erst einige Zeit deponieren, so ist nur ein kleiner Schritt vorwärts zu machen, um zu den Mistbeeten von Atta zu kommen. Wir brauchen uns nur vorzustellen, daß auf solchen beiseitegelegten ,,Krümeln" zufällig geeignete Pilze wuchern und nun nicht mehr die Krümel, sondern die Pilze gefresssen werden. Der weitere Schritt, daß dann auch pflanzliches niemals direkt zur Nahrung dienendes Material eingetragen wird, ist bei Messor ebenfalls schon angebahnt. Die Tiere schneiden nämlich oftmals Stückchen von Blättern und Stielen ab und tragen sie ein, wenn sie in ihrer Sammelwut keine geeigneten Samen finden.

Aus dem Dargelegten geht hervor, daß es nur einiger weniger weit verbreiteter Instinkte bedarf, um die so kompliziert erscheinenden Vorgänge bei der Körnerverwertung zu klären. Diese Instinkte genügen, ein zweckmäßiges Resultat zu erzielen, sofern nicht durch die Versuchsanordnung die natürlichen Bedingungen allzusehr gestört werden. Trotzdem wäre es aber falsch, unsere Ameisen als ausschließliche Reflexmaschinen aufzufassen; denn das, was bei der Erkundung des Geländes geleistet wird, ist ohne ein gut ausgeprägtes Gedächtnis und große Assoziationsgabe nicht zu deuten. Auch zeigen die Beobachtungen am Einzeltier aufs deutlichste, daß nicht nur blindlings auf Reize geantwortet wird; sonst wären individuelle Verschiedenheiten nicht möglich.

Beim Arbeiten in Gemeinschaft mit anderen treten diese höheren psychischen Fähigkeiten allerdings stark zurück; dort gehorcht das Tier vielmehr vorzugsweise äußeren Reizen. Dies geschieht sogar bei der Alarmierung, die doch schon eine Art ,,Sprache" darstellt; d. h., bei Tätigkeiten, bei denen der Unbefangene am ehesten geneigt ist, eine höhere psychische Fähigkeit vorauszusetzen.

Literaturangaben siehe Z. Morph. u. Ökol. Tiere **X**, 353–419 (1927). Die ausführliche Veröffentlichung der dort noch nicht behandelten Versuche erfolgt in nächster Zeit in derselben Zeitschrift.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich

Quantenmechanische Theorie der anomal großen Wirkungsquerschnitte bei der Energieübertragung zwischen atomaren Systemen.

Verschiedentliche *Beobachtungen* bei der Energieübertragung zwischen atomaren Systemen — insbesondere bei der sensibilisierten Fluorescenz, der Auslösung der Resonanzfluorescenz und der Polarisation, sowie der Energiebelieferung bei chemischen Reaktionen — haben schon mehrfach zu dem Schlusse geführt, daß die *gaskinetischen* Stoßzahlen für diese Übertragung nicht maßgebend sein können, sondern daß unter Umständen atomare Systeme bereits auf weit größere als die Stoßentfernung ihre Anregungsenergie übertragen. Man pflegt dies formal durch Einführung eines scheinbar *vergrößerten Querschnittes* zu beschreiben. Hierbei ist beobachtet worden, daß besonders *solche* Energieübertragungen mit großem Querschnitt auftreten, bei denen zur Bilanzierung des Energiesatzes *möglichst wenig die Translationsenergie* heranzuziehen ist; d. h. wenn das von dem einen System abgegebene Energiequant möglichst vollständig von dem Partner aufgenommen werden kann, wenn also zwischen den beiden Systemen einigermaßen Übereinstimmung der Sprungfrequenzen herrscht. Allerdings ist die Energieübertragung nicht an eine im optischen Sinne ,,scharfe" Resonanz geknüpft, sondern findet noch mit großer Ausbeute in Frequenzgebieten statt, in denen von optischer Absorption keine Rede mehr ist.

Wir haben mit den Methoden der Quantenmechanik den Vorgang der Energieübertragung *theoretisch* untersucht und sind zu Ergebnissen gekommen, welche durch die Beobachtungen durchaus bestätigt werden.

Wenn wir von Details absehen, deren eingehende Darstellung wir in unserer ausführlichen Arbeit in der Z. physik. Chem. geben, so läßt sich das *Resultat* etwa folgendermaßen zusammenfassen:

1. Für den *Querschnitt* einer speziellen Energieübertragung sind im wesentlichen *zwei* Größen maßgebend:

Erstens: Die *Schärfe* σ *der Resonanz*; sie werde im Energiemaß gemessen, also $\sigma = h(\nu_{kl} - \nu_{k'l'})$, wenn ν_{kl} bzw. $\nu_{k'l'}$ die Sprungfrequenzen der betreffenden Übergänge sind.

Zweitens: Eine Wechselwirkungsenergie W_{12}, welche man definieren kann als Coulombsche Wechselwirkung *derjenigen* Ladungsverteilung der beiden Atome, welche zu den *Übergängen* $k \to l$ bzw. $l' \to k'$ der Atome gehört. Speziell bei *erlaubten* Übergängen ist W_{12} wesentlich die *Dipol-Wechselwirkung* der zu den betreffenden Übergängen gehörenden virtuellen Oszillatoren, also

$$W_{12} = \frac{\mu_1 \mu_2}{R^3},$$

wobei μ_1 und μ_2 die elektrischen Momente der virtuellen Oszillatoren darstellen, die sich aus den optischen Übergangswahrscheinlichkeiten in bekannter Weise ergeben.

Es kommt im wesentlichen auf das *Verhältnis* dieser beiden Größen an.

2. Als *scheinbarer Querschnitt* für die betreffende Energieübertragung ergibt sich aus unserer Theorie:

$$q = \pi \int_0^\infty \frac{R\,dR}{1 + \left(\frac{\sigma}{2\,W_{12}}\right)^2}.$$

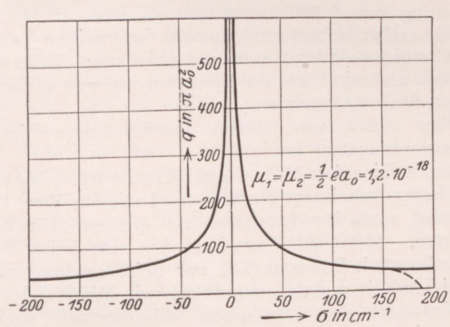
Speziell bei *erlaubten* Übergängen ergibt diese Formel unter Verwendung des obigen Ausdruckes für die Größe W_{12}

$$q = \left(\frac{2\,\mu_1 \mu_2}{\sigma}\right)^{2/3} \frac{\pi^2}{3\sqrt{3}}.$$

Untenstehende Figur gibt einen Überblick über die Größenverhältnisse der Querschnitte; hierbei ist $\mu_1 = \mu_2 = 1{,}2 \cdot 10^{-18}$ angenommen.

3. Hierzu sind folgende *einschränkende Bemerkungen* zu machen:

Es ist zunächst vorausgesetzt worden, daß die *kinetische Energie* der Wärmebewegung der einzelnen Atome *ausreichend* groß ist, um die Energiebilanz der Übertragung zu decken. Unsere Kurve bedarf daher



Wirkungsquerschnitt der Energieübertragung in Abhängigkeit von der Resonanzschärfe.

für $\sigma > 0$ einer Korrektur, welche temperaturabhängig ist; für $T = 273°$ absol. ist diese Korrektur durch die punktierte Linie angedeutet. Für $\sigma < 0$ dagegen ist keine derartige Einschränkung zu machen.

Im Falle *scharfer Resonanz* ($\sigma \infty 0$) würden aus unserer Kurve unendlich große Querschnitte hervorgehen. Tatsächlich findet in diesem Falle auf große Abstände noch eine Energieübertragung mit beträchtlicher Wahrscheinlichkeit statt; aber sie vollzieht sich sehr *langsam*, so langsam, daß sie infolge der Temperaturbewegung der Atome nicht zu voller Auswirkung kommt. Unsere Kurve erfährt also für $\sigma - 0$ eine weitere Korrektur, welche ebenfalls von der Geschwindigkeit (d. h. von der Temperatur) abhängig ist. Im Falle erlaubter Übergänge ergibt sich, wenn man dies berücksichtigt, aus unserer Theorie:

$$\lim_{\sigma = 0} q \to \pi^3 \frac{\mu_1 \mu_2}{h \tilde{v}}.$$

Hierbei bedeutet $\tilde{v}$ die mittlere Relativgeschwindigkeit der beiden Atomsorten. Je größer die Geschwindigkeit, desto schlechter ist bei scharfer Resonanz die Übertragung der Energie.

Diese Korrektur konnte in unsere Figur nicht eingezeichnet werden, da sie außerhalb ihres Bereiches fallen würde. Für die virtuellen Oszillatoren der *Na-D*-Linie $\mu_1 = \mu_2 = 1 \cdot 10^{-17}$ und $\tilde{v} = 3 \cdot 10^4$ erhält man danach etwa 100000fachen Querschnitt.

Indes wären im Falle exakter Resonanz noch anderen Umständen Rechnung zu tragen, welche die Energieübertragung befördern, so daß die zuletzt genannten maximalen Querschnitte als *untere* Grenzen anzusehen sind, welche jedenfalls zeigen, daß ganz ungewöhnlich große Querschnitte bei der Energieübertragung theoretisch vorherzusehen sind. Querschnitte, welche mit denen der Gaskinetik (inneren Reibung usw.) nichts zu tun haben.

4. Unsere Theorie gibt schließlich auch Rechenschaft über das Auftreten von optisch verbotenen Übergängen bei Stößen zweiter Art. Es beruht dies darauf, daß die Größe W_{12} auch wenn keine Dipolwirkung vorhanden ist, auf Grund der höheren Multipole noch in Entfernungen bis zu 10fachem Atomdurchmesser hinlänglich groß ist (verglichen mit σ), um eine Energieübertragung zu ermöglichen.

Über weitere theoretische Einzelheiten und ihren Zusammenhang mit den Tatsachen muß auf die ausführliche Mitteilung[1] verwiesen werden.

Berlin, Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie und Institut für theoretische Physik der Universität, den 21. Februar 1929.
H. Kallmann und F. London.

Photochemische Erzeugung optisch aktiver Stoffe.

Es ist bekanntlich schon öfters versucht worden, optisch aktive Substanzen aus inaktiven Ausgangsstoffen ohne Zuhilfenahme bereits vorhandener aktiver Stoffe in vitro zu gewinnen. Theoretisch steht die Möglichkeit, eine solche Reaktion mit Hilfe von zirkular polarisiertem Lichte zu bewirken, schon seit 30 Jahren offen (Cottoneffekt). Trotz vieler Versuche von Cotton selbst und verschiedenen anderen Autoren steht eine solche Erzeugung optisch aktiver Moleküle noch aus. Es ist zwar Zocher (Ber. d. preuß. Akad. d. Wiss. **1925**, 426) gelungen, durch Bestrahlung von Halogensilber zirkular doppelbrechendes kolloidales Silber zu gewinnen, indem hier offenbar das Licht die Form der ausgeschiedenen Silberteilchen beeinflußt (Weigert-Effekt).

Es ist nun gelungen, Bestrahlungsversuche an α-Brompropionsäureäthylester ($CH_3\overset{H}{\underset{Br}{C}}COOC_2H_5$) mit

[1] Z. physik. Chem. B. 2. 207, 1929.

Erfolg durchzuführen. Im Verlauf von Untersuchungen, die zur Zeit in Gemeinschaft mit Prof. K. FREUDENBERG über den Drehungsverlauf im Ultravioletten durchgeführt werden, zeigte sich, daß dieser Ester zunächst einen Drehungsanstieg (spezifische Drehung in Alkohol etwa 4000° bei 2450 Å) und darauf eine Drehungsumkehr aufweist. Die im näheren Ultraviolett gelegenen Banden müssen also sehr stark im Sinne der optischen Aktivität wirksam sein.

4—8proz. Lösungen des racemischen Esters in absolutem Alkohol wurden in Quarzkölbchen eingeschmolzen. Ein Kölbchen wurde in links-, ein anderes gleichzeitig in rechtszirkularem Lichte aufgestellt. Die Bestrahlung wurde mit monochromatischem Mg-Licht ($\lambda = 2800$ Å) durchgeführt. Gleichzeitig mit den inaktiven Lösungen wurde eine Lösung des aktiven Esters in unpolarisiertem Licht entsprechender Intensität mit bestrahlt. Die Drehungsabnahme dieser Lösung ermöglicht es, anzugeben, wieviel Prozent der in den abgeschmolzenen Kölbchen enthaltenen Substanz reagiert haben müssen. Wenn der Umsatz etwa 50% betrug, wurde der Alkohol entfernt und der Rückstand auf Drehung untersucht. Die mit rechtszirkularem Licht bestrahlten Lösungen zeigen Rechts-, die mit linkszirkularem Licht bestrahlten Lösungen Linksdrehung. Der größte bisher erreichte Ausschlag betrug 0,05° nach jeder Seite. Es wurde also beim Nacheinandereinlegen der Rohre ein Effekt von 0,10° festgestellt. Das Vorzeichen dieses Effektes stimmt mit dem theoretisch zu erwartenden überein.

Heidelberg, Chemisches Institut der Universität, den 26. Februar 1929. WERNER KUHN. E. BRAUN.

Bericht über die Fortsetzung der Generoso-Versuche.

Die in dieser Zeitschrift[1] von uns beschriebenen Versuche wurden im Laufe des vergangenen Sommers fortgesetzt.

Die damaligen Arbeiten zeigten bereits die in der verwendeten Methode liegenden Möglichkeiten. Dementsprechend war es im letzten Sommer unser Ziel, tatsächlich die für Atomzertrümmerungsversuche ausreichenden Potentiale zu erhalten, diese Spannungen zu messen und die Anlage für die später beabsichtigten Versuche an Vakuumentladungsröhren einzurichten.

Die weiteren Versuche ergaben, daß die Erreichung dieser Spannungen in der Hauptsache nur eine entsprechende Vergrößerung der Isolationsketten erforderte.

Wir haben im letzten Sommer zunächst die Isolation der vorherigen Anlage beibehalten (25 Glieder Steatitmotorisolatoren), dann bei weiteren Versuchen die Ketten auf 40 Glieder verlängert und schließlich Doppelketten von je 175 Gliedern bei einem Gewicht von etwa 2400 kg pro Kette verwendet.

Eine wesentlich weitere Verlängerung der Isolation, ausschließlich mit keramischen Materialien schien uns nicht durchführbar, weil das Gewicht und damit der Durchgang der Anlage dann zu groß werden.

Als Isolationswege wurden daher auf jeder Seite 70 m lange, imprägnierte Hanfseile eingebaut, die an den Enden je durch kleine Doppelketten aus Steatitmotorisolatoren geschützt waren. Diese kombinierte Anordnung keramisches Material-Hanfseil erwies sich als äußerst vorteilhaft. Denn bei einer Zugfestigkeit von 12 Tonnen und sehr geringem Eigengewicht (Gewichtsverhältnis von Hanfseil zu Porzellan auf gleiche Länge bezogen wie $^1/_{20}$) sind diese Isolationsstrecken elektrisch nicht ungünstig, weil an den Stellen hoher elektrischer Feldstärken die durchschlagsicheren Steatitmotorisolatoren angebracht waren.

Ein weiterer Vorteil dieser in sich sehr beweglichen Anordnung ist die äußerst geringe Bruchgefahr und die bequeme Montagemöglichkeit.

Weiterhin wurde eine Verspannung montiert, die von der Hauptantenne ungefähr rechtwinklig abzweigte und zum Kulmhotel (unserer Wohnung) geführt wurde. Diese Abzweigung bestand aus zwei untereinander liegenden Leitungen, die wechselseitig aus Isolier- und Leitermaterial hergestellt waren und die Pole einer Spitzenfunkenstrecke bildeten. Der Abstand beider Leitungen konnte direkt vom Hotel aus variiert werden bis zu einer Maximalöffnung von 18 m. Die jeweilige Entfernung der Funkenstreckenpole wurde durch Winkelmessung an einem Theodoliten ermittelt.

Die Anlage war bei ihrer diesjährigen Ausführung mit keinerlei Sprühspitzen versehen. Dadurch fallen zwar gleichmäßige Feldaufladungen fort, aber die Influenzen, die bei benachbarten Blitzschlägen auftreten, haben eine bedeutend größere Intensität. Nur mit diesen Influenzen wurde gearbeitet. Wir erreichten Spannungen von etwa 8 Millionen Volt (Schlagweite 18 m). Auch diesmal waren die Schlagweiten nur durch die maximale Öffnungsweite der Funkenstrecke begrenzt.

Eine wesentliche weitere Steigerung der Spannung halten wir ohne besondere Schwierigkeiten für durchführbar, glauben aber, daß die jetzt erreichten Potentiale für unsere weiter beabsichtigten Versuche ausreichen werden und daß überhaupt für Atomzertrümmerungsversuche das reine Spannungsproblem im Prinzip gelöst ist.

Außerdem ist das Problem der Entladungsröhre für entsprechende Spannungen in letzter Zeit der Lösung näher gebracht worden.

Die großzügigen Versuche von LAURITSEN und BENNETT[1] haben ergeben, daß ein Entladungsrohr mit hohen Spannungen (750000 Volt) betrieben werden kann, wenn nur genügend Energie zur Verfügung steht. In diesem Zusammenhang wollen wir bemerken, daß die Generoso-Anlage stoßweise Stromstärken von einigen tausend Ampere liefern kann, bei der erwähnten Spannung von 8 Millionen Volt.

Wir selbst haben auch bereits im vorigen Jahre an der Generoso-Anlage mit verschiedenen Röhren gearbeitet und sind bis zu Spannungen von etwa einer Million Volt gekommen.

Über diese und daran anschließende Versuche werden wir später berichten.

Herrn Direktor MAX DAHL, Herrn Prof. MATTHIAS und Herrn Geheimrat NERNST sind wir für ihre Unterstützung und ihr Interesse zu großem Dank verpflichtet. Herr R. FRENTZEL hat uns beim Aufbau der Anlage mit Rat und Tat zur Seite gestanden.

Die Arbeit wurde ausgeführt mit Mitteln der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und mit großzügiger Unterstützung der Firmen: Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim, Steatit-Magnesia A.-G., Holenbrunn, Seilindustrie Wolff Mannheim-Neckarau, Gleichrichter G. m. b. H., Berlin, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft Berlin und Osram G. m. b. H., Berlin.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, im März 1929. A. BRASCH. F. LANGE. C. URBAN †.

[1] Naturwiss. **16**, 115 (1928).

[1] Physik. Rev. **32**, 850 (1928).

Besprechungen.

LÄMMEL, RUDOLF, **Galileo Galilei im Lichte des zwanzigsten Jahrhunderts.** Berlin: Paul Franke 1927. 154 S. Preis geb. RM 6.—.

In seinem Buche über GALILEO GALILEI sowie in dem Aufsatz: Untersuchung der Dokumente des GALILEIschen Inquisitionsprozesses [Arch. Gesch. Mathemat. usw. **10**, 405ff. (1928)] beschäftigt sich RUDOLF LÄMMEL eingehend mit zwei in den Akten des GALILEIschen Prozesses enthaltenen Aufzeichnungen vom 25. Februar und 26. Februar 1616. Sein Resultat läßt sich dahin zusammenfassen, daß, wie die Untersuchung des Manuskripts mit Hilfe ultravioletter Strahlen ergeben habe, zwar von einer mittels Chemikalien durchgeführten Fälschung, die von einem früheren Forscher angenommen worden war, nicht die Rede sein könne, daß aber „die Eintragung mit dem Datum 26. Februar 1616 ein falscher Text" sei, „der an die Stelle eines heute unbekannten ursprünglichen Textes in verbrecherischer Absicht auf die ursprünglich leeren Seiten 378^v und 379^r geschrieben wurde" (GALILEO GALILEI S 162).

Eine erneute Prüfung des Aktenbandes (Vat. Arch. Miscellanea Arm. **10**, nr. 204) ergab demgegenüber, daß die von LÄMMEL für seine Annahme beigebrachten Gründe sämtlich hinfällig sind. Es handelt sich bei den beiden Aufzeichnungen der Form nach um Aktennotizen über den Verlauf des Prozesses, also formlose Eintragungen in die Akten, die nur den Gang der Ereignisse festhalten sollten und wie sie ähnlich auch heute noch üblich sind. Aus der FAVAROschen Edition der Prozeßakten im 19. Bande der Opere di Galileo Galilei kann man sich ohne Mühe davon überzeugen, daß die beiden Aufzeichnungen vom 25. und 26. Februar keineswegs einzig in ihrer Art sind, sondern daß ihnen eine ganze Anzahl früherer Notizen vollkommen entsprechen; beispielsweise finden sich wenige Blätter vorher die Eintragungen: Die 25. Novembris: videantur quedam littere Gallilei edite Rome cum inscriptione delle macchie solari, und kurz darnach: Die 19. Februarii 1616 fuit missa copia omnibus RR. PP. DD. Theologis (beide bei FAVARO, S. 54). Diese Notizen stehen, ebenso wie andere vorausgehende, auf leeren Blättern, genau so wie die Aufzeichnungen vom 25. und 26. Februar; es ist daher nicht richtig, wenn LÄMMEL (Aufsatz S. 413) als Verdachtsmoment auch anführt, daß der Text „auf sonst meist unbeschriebenen dritten und vierten Seiten erscheine".

Das wichtigste äußere Kriterium ist sodann die Schrift. LÄMMEL ist der Ansicht, daß die Hand des Schreibers mitten in der Aufzeichnung vom 26. Februar wechsle und daß der auf S. 44 (alt: 379) stehende Teil des Textes von einem anderen Schreiber stamme als die Aufzeichnungen vom 25. Februar und der auf S. 43^v (378^v) stehende erste Teil der Notiz vom 26. Februar. Allein diese ohne jeden Beweis, dafür aber mit um so größerer Bestimmtheit vorgetragene Behauptung erweist sich als vollkommen haltlos. Für ein paläographisch geschultes Auge kann kein Zweifel darüber bestehen, daß der ganze Text der beiden Aufzeichnungen restlos von einem und demselben Schreiber stammt; einzelne zweimal — hier und dort — wiederkehrende Worte sind sogar von einer geradezu frappanten Ähnlichkeit. Der einzige Unterschied besteht — abgesehen davon, daß auf S. 43^v die Tinte etwas stärker durchgeschlagen hat und dadurch der oberflächliche Eindruck etwas anders ist — darin, daß der Schreiber auf S. 44 etwas breiteren Raum zwischen den Zeilen ließ, während er sie auf S. 43^v ein wenig und gegen Ende der Seite immer mehr zusammengedrängt hat, offenbar, weil er zunächst glaubte, den ganzen Text auf der einen Seite unterbringen zu können.

Aber noch eine weitere wichtige Beobachtung ist hinsichtlich der Schrift zu machen. Die Hand, die die beiden fraglichen Aufzeichnungen in die Akten eintrug, hat außerdem auch die oben schon erwähnte Notiz vom 25. November geschrieben, wie wiederum an einzelnen genauen Entsprechungen festzustellen ist. Dadurch erhalten die von LÄMMEL verdächtigten Aufzeichnungen eine besondere Stütze, da selbst der gleiche Schreiber im Jahre 1630, wo nach LÄMMEL die betrügerische Eintragung erfolgt sein soll, nicht mehr eine so absolut gleiche Handschrift geschrieben haben könnte wie 15 Jahre zuvor.

Aus dem schon berührten formlosen Charakter der Aktennotiz erklären sich dann weiter auch die von LÄMMEL bemängelten inhaltlichen Kürzungen. LÄMMEL nimmt vor allem daran Anstoß, daß GALILEI das Protokoll nicht mit seiner Unterschrift bekräftigt habe, ferner daran, daß neben den Zeugen kein Notar genannt sei. Allein es handelt sich ja auch gar nicht um ein Protokoll! Die Vorlage der zweiten Aktennotiz ist vielmehr, wie man bei einiger Kenntnis der Dinge sogleich erkennt, ein notarieller Akt gewesen, ein sog. Notariatsinstrument, das über den Vorgang vom 26. Februar aufgenommen und natürlich vom Notar und den Zeugen unterschrieben wurde. Hier, in der Aktennotiz, wo es nicht auf die Form, sondern auf die inhaltliche Festlegung des Vorganges ankam, konnten die Unterschriften weggelassen werden; daß aber, entgegen LÄMMELS Annahme, ein Notar bei dem förmlichen Verbot anwesend war, ersieht man aus den verkürzten Formeln „in mei etc. et testium etc. — der „ich", der den Vorgang in der die Vorlage bildenden Urkunde aufzeichnete, ist eben der Notar, der das Natoriatsinstrument ausstellte!

Bleibt endlich noch die von LÄMMEL festgestellte inhaltliche Schwierigkeit, daß nach der Aufzeichnung vom 25. Februar das förmliche Schweigegebot nur in dem Falle ausgesprochen werden sollte, wenn GALILEI sich bei der ersten Mahnung des Kardinals weigere zu gehorchen (si recusaverit parere), daß aber in der Notiz vom 26. Februar von einer solchen Weigerung nichts verlautet und trotzdem das förmliche Schweigegebot durch den Komissar des heiligen Officiums erfolgte. Hier ist zuzugeben, daß eine gewisse Unklarheit besteht. Bei genauer Interpretation der Aufzeichnung bemerkt man jedoch, daß der eigentliche Zweck der notariellen Beurkundung lediglich die Festlegung des förmlichen Befehls war, während die erste, vom Kardinal ausgesprochene Mahnung nur einleitend erwähnt wird; man muß sogar nach dem Wortlaut der Notiz annehmen, daß Notar und Zeugen bei diesem ersten Vorgang noch nicht anwesend waren, und es ist demnach sehr wohl möglich, daß GALILEI bei der ersten Mahnung noch in irgendeiner Weise Widerstand zu leisten versucht hat, woraufhin der Kardinal den förmlichen Befehl für notwendig erachtete. Auf der anderen Seite bleibt natürlich auch die Möglichkeit bestehen, daß BELLARMIN und der Kommissar der Inquisition etwas schärfer vorgingen, als es eigentlich in der Weisung des Papstes vorgesehen war. Wie man aber auch diese Schwierigkeit erklären will, für die Hauptfrage, die Echtheit oder Zuverlässigkeit der Notiz, spielt das keine Rolle. Denn nach allen kritischen Grundsätzen wird man zu der Annahme einer Verfälschung einem Originalmanuskript gegenüber nur dann greifen, wenn sich im Schriftbefund oder sonst im äußeren Bilde irgendwelche Anhaltspunkte ergeben. Da das, wie gezeigt, hier durchaus nicht der Fall ist, sondern alles aufs beste stimmt, erledigt sich die mit so großer Zuversicht vorgetragene Hypothese LÄMMELS ohne weiteres. Sodann

aber möchte ich glauben, daß auch die berührte inhaltliche Schwierigkeit nicht allzu schwer zu überwinden ist und daß man hier, wie so oft, die ganze Frage unnütz kompliziert hat, indem man Geheimnisse suchte, wo keine sind. F. BAETHGEN, Rom.

BRAGG, SIR WILLIAM, **An Introduction to crystal analysis.** London: Bell & Sons 1928. VI, 168 S. und 105 Abbild. 14 × 22 cm. Preis 12 sh.

Das Buch ist aus Vorlesungen vor einem größeren Publikum hervorgegangen und ist dementsprechend eine Einführung, die durchaus keinen Anspruch auf die Vollständigkeit eines Lehr- oder gar eines Handbuchs macht. Aber es ist innerhalb dieser Grenzen etwas ganz Ausgezeichnetes. Auf dem knappen Raum von 168 Seiten unterrichtet es den Leser fast über alle wesentlichen experimentellen Methoden und theoretischen Gesichtspunkte der röntgenographischen Krystalluntersuchung und über sehr viele ihrer Ergebnisse. Auf ein Kapitel, das den Interferenzvorgang bei einem Raumgitter schildert, folgt die Beschreibung der verschiedenen mit einem einzelnen Krystall arbeitenden Versuchsanordnungen, nämlich der Anordnung mit festem Krystall und kontinuierlichem Spektrum, der monochromatischen Reflexionsmethode, die ja von dem Verfasser und seinem Sohn erfunden und zu hoher Vollendung gebracht ist, und der ebenfalls monochromatischen Drehkrystallmethode. Das dritte Kapitel zeigt, was uns diese Verfahren über die Struktur der einfachsten Krystalle, wie Diamant, Graphit, Steinsalz usw. lehren. Erfährt der Leser schon dabei, daß die Strukturbestimmung im allgemeinen in drei Schritten vor sich geht, nämlich Festlegung der Elementarzelle, Bestimmung der Raumgruppe und Ermittlung der Parameter, so bringt erst das folgende Kapitel eine höchst originelle Auseinandersetzung über den Begriff der Raumgruppe und die Ableitung einiger wichtiger Raumgruppen. Die letzten Kapitel handeln dann von verwickelteren Strukturen und von den Fällen, in denen eine Vielheit ganz oder teilweise ungeordneter Kryställchen zu untersuchen ist. Hier findet das Debye-Scherrer-Verfahren seine Stelle sowie alle Forschungen über die Textur von bearbeiteten Metallen, von Fasern usw. Auch die merkwürdigen Ergebnisse bei der Durchleuchtung von Gumm werden hier besprochen und versuchsweise gedeutet.

Wie in seinen Abhandlungen benutzt der Verfasser, wo es mathematischer Überlegungen bedarf, fast ausschließlich das geometrisch-anschauliche Verfahren. Formeln kommen in dem Buch nur in sehr wenigen Stellen vor. Bei einem Lehrbuch sähen wir darin wohl einen Mangel, da für die Ausführung von Strukturbestimmungen die mehr analytische Methode jetzt wohl nicht mehr zu entbehren ist. Erinnert man sich aber, daß das Buch nur eine Einführung sein soll, und beachtet man die erfreuliche Frische der Darstellung, so wird man dem Verfasser vielleicht sogar Dank wissen, daß er bei seinen Deduktionen den Stil gewählt hat, der ihm am Besten liegt — zumal er selbst auf diese Art, zu denken, so Großes erreicht hat.

M. v. LAUE, Berlin-Zehlendorf.

PETERMANN, BRUNO, **Die Wertheimer-Koffka-Köhlersche Gestalttheorie und das Gestaltproblem,** systematisch und kritisch dargestellt. Ein Kapitel aus der Prinzipienrevision in der gegenwärtigen Psychologie. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1929. VIII, 292 S. und 20 Abb. 16×23 cm. Preis RM 12.—, geb. RM 14.—.

Es gibt bisher keine umfassende Darstellung der Gestalttheorie, außer dem sehr anerkennenswerten Versuch von H. HELSON, der im Amer. J. Psychol. **36** 342—370, 494—526 (1925) und **37**, 25—62, 189—223 (1926) erschien. Ein Buch, dessen Titel eine systematische und kritische Darstellung der Gestalttheorie verspricht, hat also Aussicht, allgemein Beachtung zu finden und in weiten Kreisen maßgebend zu werden für das Bild, das man sich von dieser Theorie macht.

Es muß darum festgestellt werden, daß das Bild, das PETERMANN vermittelt, durchaus verzerrt, lückenhaft und in den wesentlichsten Punkten falsch ist; und daß darum seine Kritik zum größten Teil die Gestalttheorie nicht trifft. Ein Beispiel möge genügen. Die von P. beigebrachten experimentellen Gegenbeweise richten sich hauptsächlich gegen die Annahme, alles seelische Geschehen sei vom Reiz aus eindeutig bestimmt, und subjektive Momente seien ohne Einfluß; eine Annahme, die von Gestaltspsychologen nie gemacht werden konnte, da sie den einfachsten Voraussetzungen ihrer Theorie widerspricht. P. sieht diese Annahme als wesentlichsten Bestandteil der Gestalttheorie an (S. 51, 123, 271), und ihre Unzulänglichkeit ist schließlich der einzige wesentliche Grund, warum er die Gestalttheorie ablehnt (S. 271). Aus Versuchen von BENUSSI[1], RUBIN[2] und WITTMANN[3], aus Beobachtungen von FUCHS[4], endlich auch aus einer eigenen Arbeit PETERMANNS[5] geht nämlich hervor, daß die Reizbedingungen *manchmal* mehrere, *aber keineswegs beliebige*, Auffassungen erlauben, also einen Einfluß subjektiver Momente zulassen. Gerade in P.s eigenen Versuchen ist dieser Einfluß beschränkt und nicht eindeutig. Trotzdem schließt er ohne Bedenken, daß die „Auffassungsweise", die „Beachtungsrichtung", kurz, subjektive Momente auch dort, wo WERTHEIMER von objektiven Gestaltfaktoren spricht, eine *primäre* (S. 123), *wesentliche* (S. 126), *bestimmende* (S. 272), die physiologischen Prozesse oft „überhaupt keine" (S. 163) Rolle spielen. Um das Tatsachenmaterial zu beurteilen, auf Grund dessen er zu diesem Schluß kommt, muß man seine soeben zitierte eigene Untersuchung lesen. Erst dann kann man seine Befugnis einschätzen, anderen Forschern voreilige Verallgemeinerung vorzuwerfen. Kein Gestaltpsychologe glaubt, das Problem der subjektiven Faktoren schon so weit gefördert zu haben, wie P. das von sich glaubt. Trotzdem hätte P. (ganz abgesehen von dem, was er in den Arbeiten von FUCHS vorfand, aber für Fremdkörper in der Gestalttheorie hält und gegen sie ins Feld führt) in gestaltpsychologischen Untersuchungen hierüber weiteres Tatsachenmaterial finden können, dessen Menge und Mannigfaltigkeit in einem merkwürdigen Verhältnis zu dem steht, was er selbst seinen Schlüssen zugrunde legt. Ich nenne nur KORTE, Z. Psychol. **72**, 200—205 (1915); FUCHS, Psychol. Forschg **1**, 172, 173, 179—181 (1922); WERTHEIMER, Psychol. Forschg **4**, 339—345 (1923); TERNUS, Psychol. Forschg **7**, 102—124 (1925); GOTTSCHALDT, Psychol. Forschg **8**, 273—278 (1926). Ja, in der von P. eingehend kritisierten Arbeit WERTHEIMERS (der nach S. 123 „dies allgemeine Problem überhaupt nicht kennt") ist sogar ein Verfahren zur Messung der Stärke echt subjektiver Momente angegeben, was P. merkwürdigerweise ganz übersehen hat. Außerdem sei erwähnt, daß auch RUBIN, der immer mit besonderer Schärfe das Programm einer rein immanenten psychologischen Theorie verfochten hat[6] und darum von P. gern als Zeuge angerufen wird (S. 124), durch die Er-

[1] Arch. f. Psychol. **32** (1914).

[2] Visuell wahrgenommene Figuren. Kopenhagen 1921.

[3] Über das Sehen von Scheinbewegungen und Scheinkörpern. Leipzig 1921.

[4] FUCHS, Z. Psychol. **84** (1920); **86** (1920); **91** (1923); **92** (1923); Psychol. Forschg **1** (1922).

[5] Arch. f. Psychol. **42** (1923).

[6] Ber. üb. d. 8. intern. Kongr. f. Psychol. 1926.

gebnisse seiner Analysen der Wahrnehmung zu immer schwereren Bedenken gegen alle Aufmerksamkeits- und Beachtungstheorien veranlaßt worden ist[1].

So wie dieses Beispiel ist das ganze Buch. Die wenigen Ausnahmen, wo P. einen wirklichen Fehler[2], eine wirkliche Zweideutigkeit[3], einen wirklichen Widerspruch im Sprachgebrauch[4] entdeckt hat, seien gern genannt. Sonst — und zwar in der physikalischen Diskussion genau so wie in der psychologischen — werden ununterbrochen Sätze widerlegt, die in der Gestalttheorie nicht vorkommen. P. stellt methodische Forderungen auf von einer solchen Strenge, daß man es in der Physik bei ihrer Befolgung nie zu einer Atomtheorie gebracht hätte (S. 98, 135, 182, 187). Unvorsichtigerweise erklärt er (aus philosophischen Erwägungen) sogar einmal Gedankenrichtungen als „physikalisch völlig sinnlos", die gar nicht von KÖHLER allein, sondern von den bedeutendsten Physikern vertreten werden (S 197). Immer wieder wird — unberechtigterweise — voreilige Verallgemeinerung und künstliche Vereinfachung gerügt. Und gleich hinterher werden auf Grund des dürftigsten Materials Gegentheorien vorgebracht, die selbst Musterbeispiele voreiliger Verallgemeinerung und künstlicher Vereinfachung sind.

Wenn man P.s eigene positive Vorschläge (unter Einbeziehung seiner übrigen bisher vorliegenden Forschungsarbeit und derjenigen WITTMANNS, der theoretisch genau dieselbe Stellung einnimmt [S. 124]), nach ihrem Bestand an Prinzipien durchsucht, so findet man, von dem rein heuristischen Prinzip der biologischen Zweckmäßigkeit (S. 176) abgesehen, zunächst dreierlei: Auffassung, Beachtung, Aufmerksamkeit, die jeweils isolierend oder zusammenfassend wirken können. Aber bei näherem Zusehen entdeckt man, daß diese drei Bezeichnungen bunt durcheinander angewendet werden, also vertauschbar sind. Damit sinkt die Zahl der wirklichen Prinzipien auf das Gegensatzpaar: Isolierung und Zusammenfassung, und daneben etwa noch das Prinzip der Zuwendung. Da man mit einem derart dürftigen Bestand an Prinzipien den Reichtum des seelischen Lebens natürlich nicht fassen kann, ist es kein Wunder, daß P. schon in seiner ersten Arbeit unter dem Namen der „Beachtungslenkung" ein rein objektives Prinzip einführt und zugibt, daß durch dieses Prinzip unter typischen, im Leben fast ununterbrochen herrschenden Umständen die Struktur der Wahrnehmungswelt völlig festgelegt ist; die damit erfolgte Durchbrechung seiner Theorie sucht er zu verdecken, indem er auch hier noch das subjektive Moment der „*Beachtung*" zwischen Reizkonstellation und Wahrnehmungswelt geschaltet denkt. Von dem, was wir erleben, wenn wir wirklich „etwas beachten", ist dabei natürlich nichts mehr übrig. P. anerkennt KOFFKAS Einwände gegen die Produktionstheorie BENUSSIS[1] und KÖHLERS Einwände gegen den Begriff des unbewußten Urteils[2] und gegen G. E. MÜLLERS Komplextheorie[3]. Es kann ihm unmöglich entgangen sein, daß ihre Einwände auch seine eigenen Annahmen treffen.

Tatsächlich bekennt er am Schluß seines Buches (S. 277—278), daß es ihm zweifelhaft geworden sei, ob man die Erscheinungswelt und das Verhalten des Menschen aus subjektiven Momenten allein erklären könne. In diesem Bekenntnis kündigt sich eine fruchtbare Wendung in seinem Denken an, die ganz der Wendung entspricht, die das gestaltpsychologische Denken vor etwa zwanzig Jahren durchmachte. Allerdings ist auch die von PETERMANN in Betracht gezogene Gegenüberstellung von „Auffassung" und „Selbstgliederung" immer noch viel zu eng. Denn sie ist nur auf Fragen der Wahrnehmung und des Denkens, also nur auf einen beschränkten Teil der Psychologie anwendbar. Die Spannungen zwischen Innen und Außen, auf die man bei der Untersuchung des Willenslebens und der Affekte stößt, sind auf dieses Paar von Prinzipien nicht zurückführbar. Leider hat aber PETERMANN die hiervon handelnde Arbeit LEWINS[4] — wie viele andere maßgebende gestalttheoretische Arbeiten — zwar erwähnt, aber offenbar nicht genügend gelesen. W. METZGER, Berlin.

[1] Ber. üb. d. 9. Kongr. f. exp. Psychol. Jena 1926.
[2] Die Annahme von SCHOLZ (Psychol. Forschg 5 [1925]), daß bei Scheinbewegungen unter Umständen kinetische Energie auftrete.
[3] Die Überlegungen von Gelb und Granit über die Farbschwelle auf Figur und Grund (Z. Psychol. 93 [1923]).
[4] Der Gebrauch der Bezeichnung „zwingende Gestalt" bei FUCHS (PETERMANN S. 206).

[1] Z. Psychol. 73 (1915).
[2] Z. Psychol. 66 (1913).
[3] Psychol. Forschg 6 (1925) und 8 (1926).
[4] Psychol. Forschg 7 (1926), besonders S. 350—353.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 17. Dezember 1928 berichtete Professor OTTO QUELLE, Bonn, über **Landeskundliche Forschungen im Staate Bahia**, der ein altes portugiesisches Kolonialgebiet ist und von der Entdeckung Brasiliens an drei Jahrhunderte lang eine blühende Plantagenkolonie blieb. Durch die Verlegung der Landeshauptstadt nach Rio de Janeiro in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts rückte der politische, und durch die Erschließung der Staaten Minas Geraes und São Paulo im 19. Jahrhundert auch der wirtschaftliche Schwerpunkt nach Süden. Der Vortragende unternahm von Mai bis Oktober 1927 drei große Reisen, auf denen er alle großen natürlichen Landschaften Bahias kennenlernte. Es zeigte sich, daß die gesamte wirtschaftliche und kulturelle Entwicklung mehr als 400 Jahre hindurch in weitestem Umfange durch die Natur des Landes, vor allem durch das Klima beeinflußt wird.

Der erste Vorstoß erfolgte von Nazareth durch Süd-Bahia zum Tale des São Francisco-Flusses. Zwischen den beiden Küstenflüssen Rio Paraguassú und Rio de Contas erhebt sich, etwa 300 km westlich der Küste und parallel zu ihr verlaufend, die Serra de Maracás, welche auf der Internationalen Weltkarte in 1 : 1000000 fälschlich Serra de Sincora genannt wird, bis zu 900 m. Sie bildet einen aus Graniten und Quarziten bestehenden Block, der nach Süden steil zum Rio de Contas abbricht. Ihre flachwellige Rumpffläche wird von mehreren SW-NO streichenden Schwellen durchzogen. An der regenreichen Ostflanke ist der Boden tiefgründig verwittert und mit immergrünem Wald bis zu 800 m Höhe bestanden. Die Süd-, West- und Nordseiten sind mit niedrigem Trockenwald bedeckt, die Hochfläche trägt nur niedriges Gestrüpp. Auf ihr liegt als einzige Siedelung Maracás mit 1100 Einwohnern. Auffällig war die außerordentliche Stärke des Südostpassates, der mit großer Regelmäßigkeit in der Stärke 5—6 wehte. Von Dezember 1926 bis Juni 1927 war hier kein Regen gefallen. Jecquié am Rio de Contas mit etwa 6000 Einwohnern ist der Hauptort und Zentralhandelsplatz des Contas-Gebietes. 1919 waren 80% aller Häuser der Stadt durch Überschwemmung zerstört worden. Weiter südlich liegt die Hochfläche von Conquista, deren granitischer Osthang durch den Südostpassat ungemein starke Niederschläge erhält.

Der tropische immergrüne Regenwald trieft von Feuchtigkeit. In kleinen Rodungssiedlungen wird neben Kakao vor allem Reis (bis 700 m Höhe) und Maniok angebaut. Die 400—500 Indianer, die einzigen, welche noch heute im Staate Bahia leben, bewohnen diese Waldzone. Die Hochebene selbst, die sich über die Grenze von Minas Geraes noch weit nach WSW fortsetzt, ist eine im Mittel 1000 m hohe, überwiegend aus Graniten und Quarziten aufgebaute Rumpffläche. Sie erinnert an die Landschaftsformen des Rheinischen Schiefergebirges, ist aber dünn besiedelt. Viehzucht herrscht durchaus vor. Die große, von Minas Geraes nach Bahia führende Viehstraße verläuft über Conquista nach NO. Eine „estrada de porcos" (Schweinestraße), auf welcher alljährlich etwa 12000 Schweine von Condeuba nach Itabuna getrieben werden, führt ebenfalls über das Hochland. Die wichtigste Siedlung am Nordrand ist die Bischofstadt Caetité im Quellgebiet des Rio de Contas.

Der Hauptstrom, Rio São Francisco, durchfließt in N- bis NO-Richtung eine breite, 350—300 m hohe, meist granitische Rumpffläche, die westlich des Stromes von horizontalen Schichten der Kreideformation und rezenten Ablagerungen bedeckt ist, während diese im Osten fehlen. Bei Lapa ragt völlig isoliert ein 80 m hoher, aus harten devonischen, fast horizontal gelagerten Kalken bestehender Felsklotz, von keiner Schutthalde umsäumt, fast senkrecht aus der Flußebene auf. Eine dicht am Flußufer in den Felsen hineinführende Höhle ist zu einer stark besuchten Wallfahrtskirche ausgebaut worden und zeigt an der 20—25 m hohen Decke eine große Zahl von Strudellöchern. 1927 war der Wasserstand so niedrig, daß bei einer Fahrt von $4^1/_2$tägiger Dauer der Dampfer zwanzigmal auf Sandbänken festkam. Bei jedem größeren Hochwasser jedoch überschwemmt der Fluß die Rumpffläche, in welche er 5—6 m tief eingeschnitten ist, in einer Breite von mehreren Kilometern. In Chique Chique standen 1926 sämtliche Häuser der Stadt unter Wasser, und die Schiffe legten auf dem Marktplatz neben der Kirche an. Da der Fluß beispiellos fischreich ist, so bildet die Fischerei den wichtigsten Erwerbszweig. Der Hauptwert des Rio São Francisco aber beruht in seiner Bedeutung als Verkehrsader, wenn auch die 80 m hohen Wasserfälle von Paulo Affonso die Ausdehnung der Schiffahrt bis zum Meere verhindern. Der ganze südliche Teil des östlichen Tales wird von einem geschlossenen Trockenwald, der blattlosen Caatingaformation bedeckt. Seit Dezember 1926 hatte es keinen Tropfen mehr geregnet. Es erwies sich als nötig, den Trinkwasservorrat in Form von Selterwasser mitzuführen. Die Heftigkeit des Südostpassates deutete darauf hin, daß die Trockenheit noch lange andauern würde. Es ist nämlich eine merkwürdige, bisher noch nicht aufgeklärte Tatsache, daß die großen Dürren gerade in solche Zeiten fallen, in denen der Südostpassat mit besonderer Stärke weht, und daß die Trockenperioden dann gleichzeitig in weiten Gebieten der südlichen Halbkugel auftreten.

Eine große natürliche Landschaft ist die aus Graniten und alten gefalteten Kalken bestehende Inselbergplatte von Joazeiro nahe dem nördlichen Knie des Flusses. Auf ihr ragen zu beiden Seiten des Stromes isolierte Berge von kegel- und sargdeckelähnlicher Gestalt zu Höhen von 80—200 m wie Inseln aus der völlig ebenen Fläche auf. Ganz Nordbahia bildet pflanzengeographisch eine Einheit, in welcher die Caatingaformation überwiegt. Die Beschäftigung der Bevölkerung ist namentlich Viehzucht. Größere Siedelungen fehlen. Der Hauptort des ganzen Nordens ist Joazeiro mit 12000 Einwohnern, eine alte Brückenstadt, bei welcher die Schiffahrt auf dem Rio São Francisco ihr Ende erreicht. Seitdem sie mit der Hauptstadt Bahia durch eine Bahnlinie verbunden wurde, ist sie die wichtigste Handelsmetropole von Inner-Bahia. Nirgends ist der Einschlag indianischen Blutes auf die Bevölkerung so stark wie in diesen Trockengebieten, aber nirgends tritt zugleich der Einfluß des Negers bzw. Mulatten so stark zurück wie hier.

Von dem Stromgebiet des Rio São Francisco wird ganz Ostbahia außerordentlich scharf durch den breiten, mächtigen Wall des zentralbahianischen Berglandes geschieden. Bei dessen Bereisung wurde die vom brasilianischen Ingenieurklub herausgegebene Karte in 1 : 1 Million benutzt, welche jedoch völlig versagte, denn sie verzeichnet Gebirge und Flüsse, die nicht existieren, gibt falsche Namen und ist überaus unzuverlässig. In dem schmäleren Westteil streichen die aus alten gefalteten Quarziten aufgebauten Gebirgsketten SSO-NNW, im östlichen Hauptteil herrschen breite Rumpfflächen aus Quarzit, Granit und Kalk vor, welche als „Geraes" bezeichnet werden. Diese baumfreien, 900—1300 m hoch gelegenen Steppen sind die am dünnsten besiedelten Teile des Staates. Kulturland ist nur in einzelnen isolierten Flächen vorhanden, doch wird in einer Zone westlich von Minas de Contas mit Hilfe von künstlicher Bewässerung — der einzigen Stelle im brasilianischen Bergland, wo solche zu finden ist — Zuckerrohr, Mais, Reis usw. angebaut. Kokospalmen, die im Bergland bis 1000 m hinaufgehen, finden sich in einzelnen Beständen westwärts bis zum Rio São Francisco. An der Ostseite des Berglandes zwischen Andarahy und Lençôes wird Bergbau zur Gewinnung schwarzer, für technische Zwecke verwertbarer Diamanten (Carbonados) getrieben. Im Süden kommen Amethyste in großen Massen vor. Steinschleifer aus Idar a. d. Nahe haben sich hier angesiedelt und Tausende von Zentnern Amethyst gewonnen. Die Straßen dieses Dorfes sind mit den minderwertigen Teilen der Amethystdrusen geradezu gepflastert und sehen ganz violett aus.

Die bedeutendste Sonderlandschaft des Staates ist die etwa 30 km breite Küstenebene, welche sich durch reiche Niederschläge und üppigen Urwald gegen das trockene Binnenland abhebt. Auf den weiten Rodungsflächen dieser Urwaldzone beruht das agrarische Schwergewicht Bahias. Dichtgedrängt sitzt in diesem feuchtwarmen Küstengebiet die Neger- und Mulattenbevölkerung des Staates, welche an eine Niederschlagshöhe von mindestens 1000 mm gebunden zu sein scheint. Die Ingressionsbucht von Bahia, in deren Umkreis viele volkreiche Städte liegen, trennt die Nordzone, in der namhafte Küstensiedelungen selten sind, von der Südzone, die durch Wasserstraßen in starkem Maße für den Verkehr aufgeschlossen ist. Mit der Flut können kleine Küstendampfer, sowie Kanus, zum Teil mit eingebauten Motoren, weit in das Innere vordringen. Deshalb ist der Küstensaum hier auch dichter besiedelt als im Norden. Bemerkenswert ist, daß der trockene Wald des Binnenlandes langsam nach Osten hin in die Küstenwaldzonen vordringt. Einzeln oder in kleinen Gruppen stehen mitten in der grünen Landschaft die weißgrauen, völlig laublosen Bäume der trockenen Caatinga, deren Vorrücken erst seit der Kolonisation des Küstengebietes durch die Europäer erfolgt zu sein scheint, denn es ist auf das Gebiet des alten Rodungslandes beschränkt.

Über Küstenzone wie Binnenland hin breitet sich die „Mittelmeerkultur", die Erbschaft des portugiesischen Herrenvolkes aus. Sie spiegelt sich in Sitte, Lebensgewohnheiten und Geräten wieder, wie z. B. in dem Ochsenkarren, der Bauweise der Siedelungen und selbst in den Gesetzen des Landes. O. Baschin.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.